

ÉDESvíZI MÉSZKÖVET LERAKÓ FORRÁSOK GEOKÉMIAI VIZSGÁLATA A MECSEKBEN

KOLTAI GABRIELLA¹– KELE SÁNDOR²– KÁRMÁN KRISZTINA²–
KEVEINÉ BÁRÁNY ILONA¹

¹Szegedi Tudományegyetem Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszék, 6722
Szeged, Egyetem u. 2., koltai@geo.u-szeged.hu

²Magyar Tudományos Akadémia, Csillagászati és Földtudományi
Kutatóközpont, Földtani és Geokémiai Intézet, 1112 Budapest,
Budaörsi u 45.

Abstract: The geochemical and stable isotope analyses of karst springs and their freshwater carbonate deposits provide an opportunity to reconstruct past climate changes. Nevertheless such studies in Hungary have been delayed. The monitoring of karst springs with the aim detecting seasonal changes is essential for interpreting past events. 7 freshwater tufa sites (Anyák-kútja, Csurgó Spring, Pásztor Spring, Dagonyászó Spring, Mariska Spring, Kánya Spring and Melegmányi Spring) located in the Mecsek Mts (Southern Hungary) have been monitored since September 2011 in order to reconstruct the paleoclimatic conditions of the area. The basic physicochemical parameters of the carbonate depositing waters are measured in situ, besides water and rock samples are collected for stable isotope measurement. Stable isotope analyses of the investigated karst springs revealed unambiguous differences between the Eastern and Western Mecsek. The possible cause of this difference could be the so-called "altitude effect", which is stronger concerning the higher Eastern Mecsek, than the lower Western Mecsek. The stable isotope analysis of the rock samples have shown that the samples from Mecsek Mountains are similar to the tufas collected in Poland and in the Dinaric Karst concerning $\delta^{18}\text{O}$ values, reflecting the effect of continentality compared to the tufas collected from Western-Europe (Andrews 2006).

1. Bevezetés

Napjainkban egyre hangsúlyosabbá válik a globális felmelegedés és a klímaváltozások kérdésének tanulmányozása. A jövőbeli változási trendek előrejelzéséhez kiemelkedő fontosságú adatokat szolgáltathat a múltbéli események megértése. A közelmúltban számos hazai és nemzetközi kutatás indult az édesvízi mészkövek (travertinók, mésztufák) és cseppkövek paleoklimatológiai célú vizsgálatára, amelyek során bizonyítottá vált, hogy a képződmények is felhasználhatóak a földtörténeti események rekonstruálására (PAZDUR *et al.* 1988, ANDREWS *et al.* 1993, ANDREWS 2006). Az édesvízi mészkövek és barlangi képződmények geokémiai, illetve stabilizotóp-geokémiai vizsgálataiban nyert adatok összevethetők a jégmagfúrások (PETIT *et al.* 1999) és mélytengeri üledékek (IMBRIE *et al.* 1984) alapján szerkesztett globális paleoklíma-változást jelző adatsorokkal.

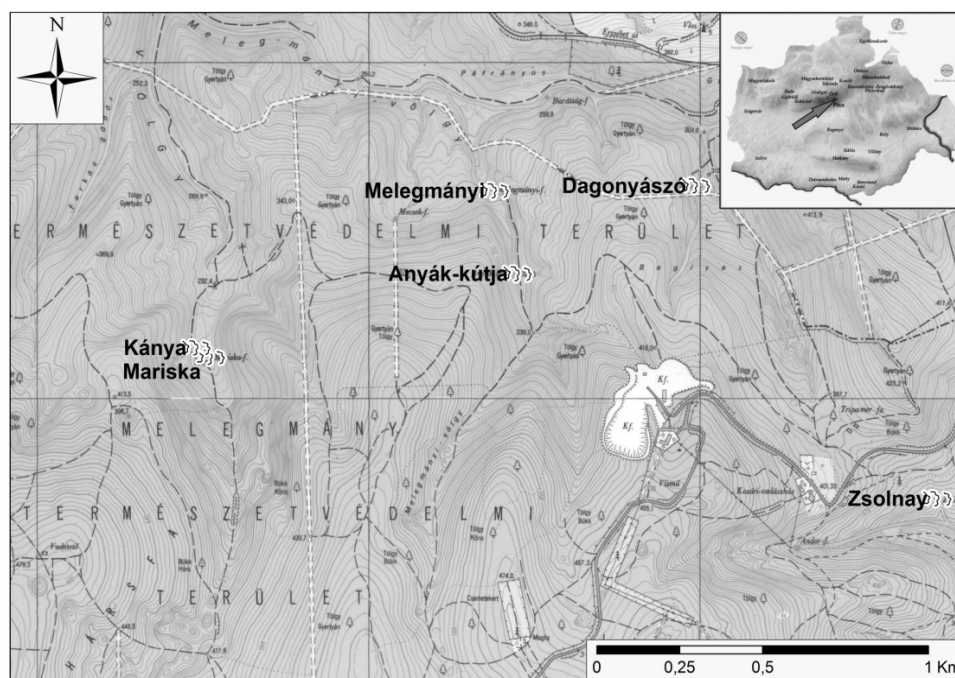
A Mecsek hegységben gyakoriak a recens mésztufa előfordulások (KRAFT *et al.* 1986), amelyek mintázása könnyen kivitelezhető. Vizsgálatuk

a lokális hőmérséklet és csapadékviszonyok mellett, a paleoklimatológiai, paleohidrológiai, valamint a környezeti eseményekről is információkat szolgáltathat.

A kutatás tárgyát a Mecsek hegységben található legfontosabb, karbonátot lerakó források komplex geokémiai vizsgálata képezi (1, 2. ábrák). Jelen tanulmányunkban a 8 hónapja tartó vizsgálataink előzetes eredményeit mutatjuk be.

2. Vizsgálati anyag és módszerek

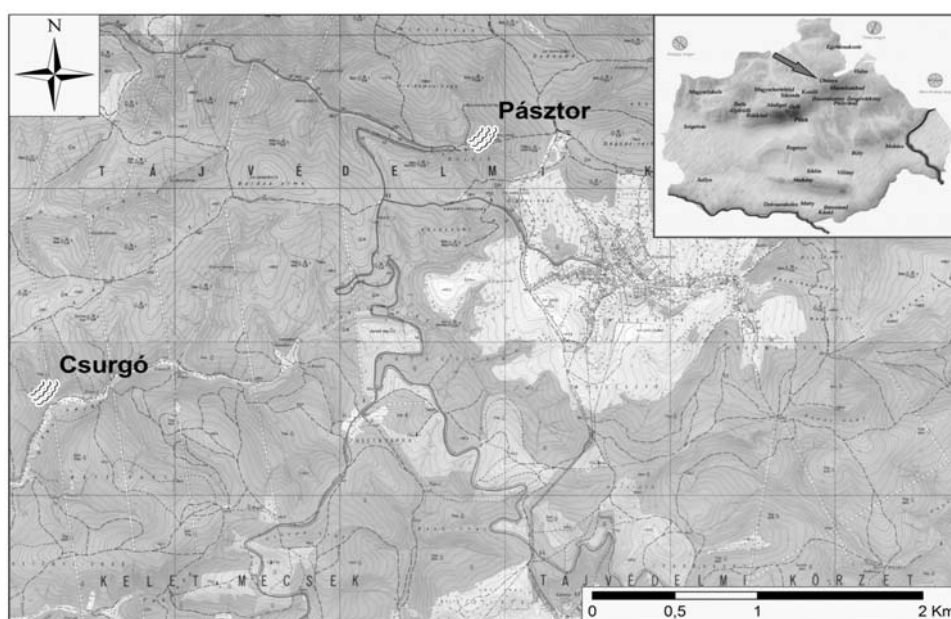
2.1. Kutatási terület



1. ábra: A vizsgált források elhelyezkedése a Melegmányi-völgyben.
Fig. 1: The study area in Melegmányi Valley, Western Mecsek Mts., Hungary.

Mintavételi területünk a Kelet-és a Nyugat-Mecsek egy-egy részét foglalja magába. A Nyugat-Mecsek karsztosodásra alkalmas kőzetei egy egységes tömbhöz tartoznak, a felszínen azonban három különálló zónában találhatóak (BARTAO – TARNAI 1999). Az első, legnagyobb területet magába foglaló közel 40 km² karsztos tömbön helyezkedik el hat forrás (Anyák-kútja, Melegmányi-forrás, Kánya-forrás, Mariska-forrás, Dagonyászó-forrás) a vizsgált objektumok közül (1. ábra). A területet jól

karsztosodó, triász időszaki kőzetek építik fel (Lapisi Mészke Formáció, Zuhányai Mészke Formáció, Csukmai Dolomit Formáció) amelyekben számtalan kisebb-nagyobb barlang (pl. Abaligeti-barlang, Spirál-barlang), dolina és karsztforrás alakult ki (BARTA – TARNAI 1999). A Kelet-Mecsek karbonátos kőzetei a jura időszakban keletkeztek, amelyek karsztosodásra és barlangképződésre kevésbé alkalmas kőzettani adottságokkal rendelkeznek. Az itt előforduló mésztufa kiválásokkal rendelkező források közül a Hidasivölgyben található Csurgó-forrást és a Vár-völgyben lévő Pásztor-forrást mintáztuk (2. ábra).



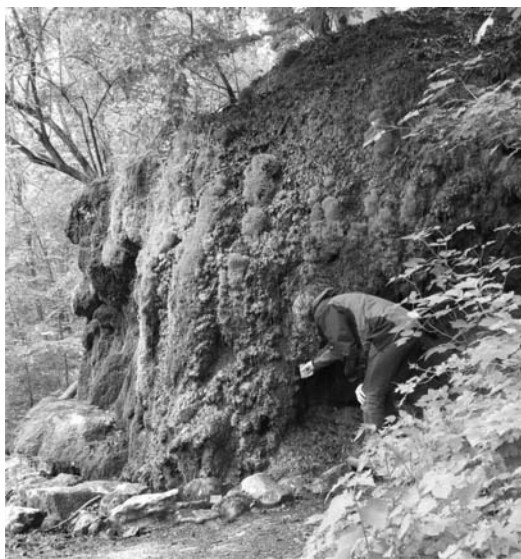
2. ábra: A Kelet-mecseki kutatási terület.
 Fig. 2: The study area in Eastern Mecsek Mts., Hungary.

2.2. Mintavételi módszerek

Az első terepbejárások 2011 nyarán történtek. Ekkor stabilizotóp-geokémiai elemzés céljából 17 forrásnál gyűjtöttünk vízmintát, valamint 10 forrásnál 15 darab kőzetmintát vételeztünk. 2011 szeptembere óta havi rendszerességgel monitoring vizsgálatokat végzünk 7 mecseki édesvízi mésztufa kiválásnál. A helyszínen a forráskilépésnél, illetve a mésztufa kiválásnál meghatározzuk a karbonátot lerakó források alapvető vízkémiai

paramétereit (pH, vezetőképesség, vízhőmérséklet), valamint rögzítjük az adott pillanatban uralkodó léghőmérséklet, illetve a relatív páratartalom értékeit. Ezen felül 100 ml vízmintát gyűjtünk, amelyet minden esetben 24 órán belül 0,1 mol/dm³-es HCl oldattal titrálunk az alkalinitás meghatározása céljából.

Az Anyák-kútjánál, a Pásztor- és Csurgó-forrásoknál minden mintavételezés alkalmával vízmintákat gyűjtünk $\delta^{18}\text{O}$ és δD értékük meghatározása céljából (1. kép). A víz- és kőzetminták stabilizotóp-geokémiai elemzése az MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, Földtani és Geokémiai Intézet stabilizotópos laboratóriumában történik Finnigan delta plus XP tömegspektrométer és LGR LWIA-24d típusú lézeres vízigotóp-arány meghatározó műszer segítségével. A mért eredmények szórása vízminták esetében $\pm 0.1\text{‰}$ $\delta^{18}\text{O}$ -ra és $\pm 0.4\text{‰}$ δD -ra vonatkozóan, míg a kőzetmintáknál $\delta^{18}\text{O}$ -re és $\delta^{13}\text{C}$ -re nézve is $\pm 0.2\text{‰}$ alatti volt.

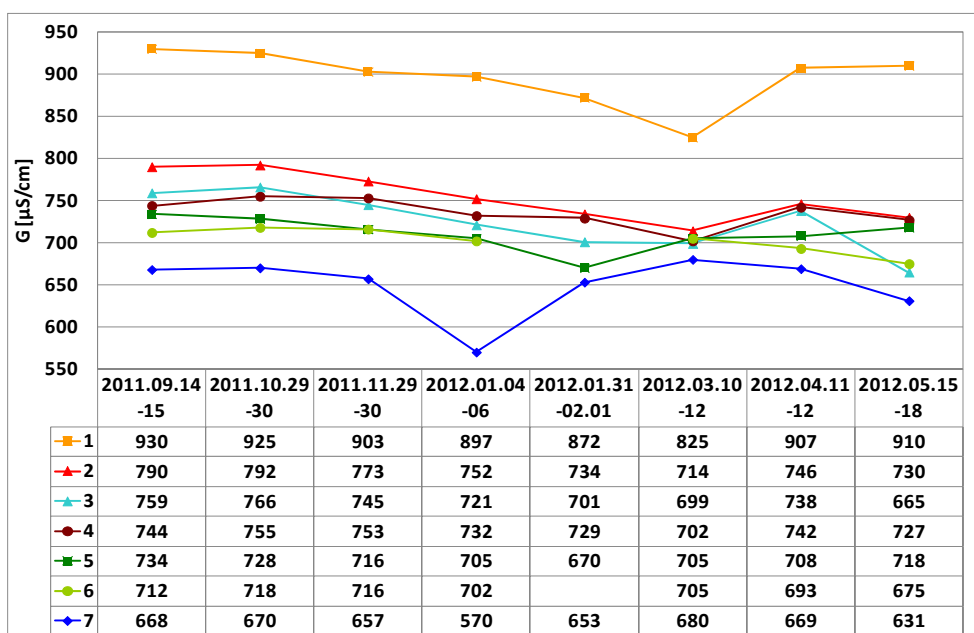


1. kép: Vízminta gyűjtés a Csurgó-forrásnál.
Picture 1: Water sampling at Csurgó Spring, Eastern Mecsek Mts.

3. Eredmények és értelmezés

3.1. Vízkémiai paraméterek változása

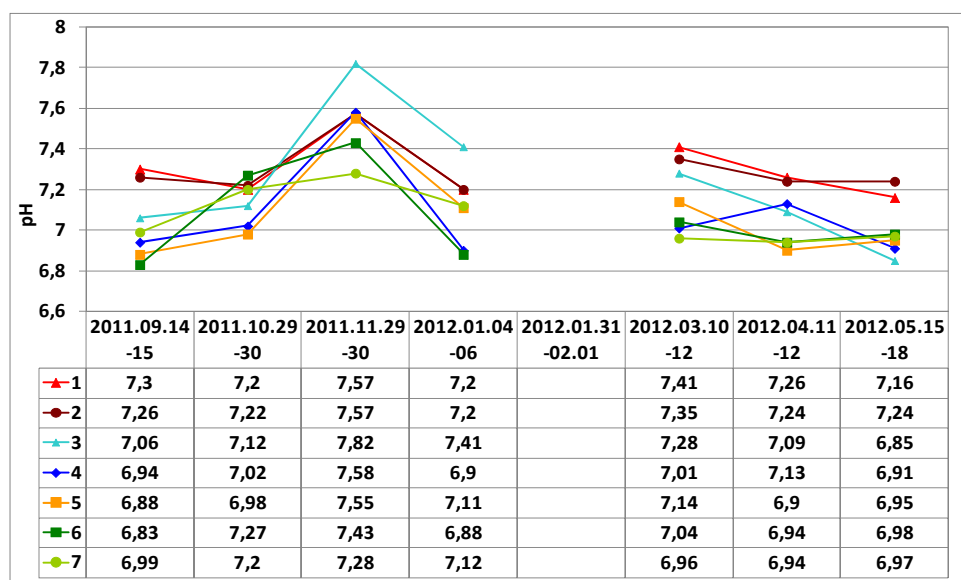
Az egyes hónapokban a forráskilépési pontoknál mért vezetőképesség értékek (3. ábra) egységesebb, míg a pH értékek igen összetett képet mutattak (4. ábra).



3. ábra: A vezetőképesség értékeinek havi változása
 Jelmagyarázat: 1: Melegmányi-forrás, 2: Mariska-forrás, 3: Anyák-kútja, 4: Kánya-forrás, 5: Csurgó-forrás, 6: Dagonyászó-forrás, 7: Pásztor-forrás
 Fig. 3. Monthly changes of conductivity
 Legend: 1: Melegmányi Spring, 2: Mariska Spring, 3: Anyák Spring, 4: Kánya Spring, 5: Csurgó Spring 6: Dagonyászó Spring, 7: Pásztor Spring

A vezetőképesség értékeinek változási trendjei alapján egy csoportba sorolhatóak a Melegmányi-, Mariska-, Kánya- és Csurgó-források, valamint az Anyák-kútja (3. ábra). A legmagasabb értékek (930-825 [$\mu\text{S}/\text{cm}$]) a Melegmányi-forrás esetében, míg a legalacsonyabb értékek (680-540 [$\mu\text{S}/\text{cm}$]) a gyönyörű kiválásokkal rendelkező Pásztor-forrásnál tapasztalhatóak. Ennek oka a víztározó közet eltérő minőségében keresendő. A Vár-völgyben (Mária-kút, Lobogós-kút), illetve az Óbányai-völgyben (Béke-forrás, Bodzás-forrás) fakadó forrásokra hasonlóan alacsony értékek jellemzőek. A pH értékek (4. ábra) 2011. november végén egy csúcsot mutatnak. A nyári időszakban mért alacsonyabb pH értékek a fokozott talaj aktivitás következtében megnövekedett oldott CO_2 koncentrációval magyarázhatóak (KANO et al. 1999). Egymáshoz hasonló módon változnak a Kánya-, Melegmányi-, Csurgó-és Dagonyászó-forrás, valamint az Anyák-

kútja és a Mariska-forrás pH értékei (4. ábra)¹. A Pásztor-forrás csoportba sorolásához a 2012.04.12-én mért kisebb „csúcs” miatt további monitoring vizsgálatokra van szükség.



4. ábra: A pH értékek változása havi lebontásban

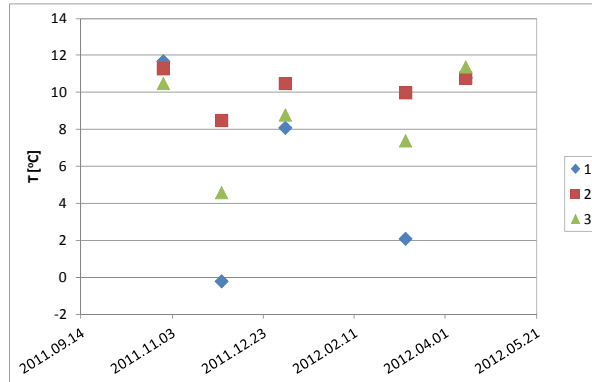
Jelmagyarázat: 1: Mariska-forrás, 2: Kánya-forrás, 3: Anyák-kútja, 4: Pásztor-forrás, 5: Melegmányi-forrás, 6: Csurgó-forrás, 7: Dagonyászó-forrás

Fig. 4: Monthly changes in the pH profile of the investigated spring waters

Legend: 1: Mariska Spring, 2: Kánya Spring, 3: Anyák Spring, 4: Pásztor Spring, 5: Melegmányi Spring, 6: Csurgó Spring, Dagonyászó Spring

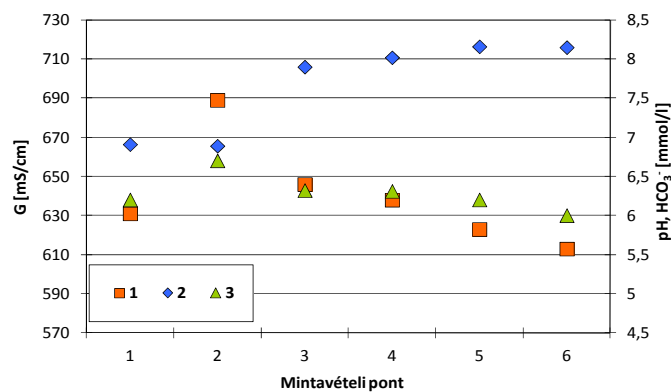
A nagyobb kiválások (Anyák-kútja, Pásztor-forrás, Csurgó-forrás) esetében 5-8 mérési pontot vettünk fel a patakmederben. Az 1. pont minden esetben a forrást jelölni. Az egyes helyszínek egymástól változó távolságra, 5-120 m-re, egy-egy jellegzetes kiválásnál találhatóak. A különböző vízkémiai paraméterek változását tekintve elmondható, hogy a víz hőmérséklet a patakmederben az adott időpontban uralkodó felszín léghőmérséklettel párhuzamosan változik: meleg időszakban a víz hőmérséklet növekedése, hideg időszakban pedig csökkenése tapasztalható (5. ábra)

¹ Műszerhiba miatt a 2012.01.31-02.-01. között mért értékek nem kerülnek feltüntetésre. A mérés időpontjában nagyon hideg volt, így a pH mérő nem lehetett rendesen kalibrálni.



5. ábra: Vízhőmérséklet változása a Dagonyászó-forrás esetében
 Jelmagyarázat: 1: Léghőmérséklet a forráskilépési pontnál, 2: Vízhőmérséklet a forráskilépési pontnál,
 3: Vízhőmérséklet a mésztufa kiválásnál kb. 40 méterre a forrástól
 Fig. 5: Changes in water temperature in case of Dagonyászó Spring
 Legend: 1: Air temperature at the spring 2: Water temperature at the spring
 3: Water temperature at the tufa site, approximately 40 metres from the spring

A pH értékek a mésztufa kiválások megjelenésével a folyásirányi szelvény mentén fokozatosan nőnek, míg a vezetőképesség és az oldott HCO_3^- tartalom csökken (6. ábra), hasonlóan a szakirodalomban tapasztalt értékekhez (KANO *et. al*, 1999). A második mérési pontban látható ellentétes változás oka a mintavételi pont kiválasztásában rejlik. A 2. mintavételi pont egy kisebb becsatlakozó vízfolyás volt. Az első mésztufa kiválást a 3. pont jelölte.

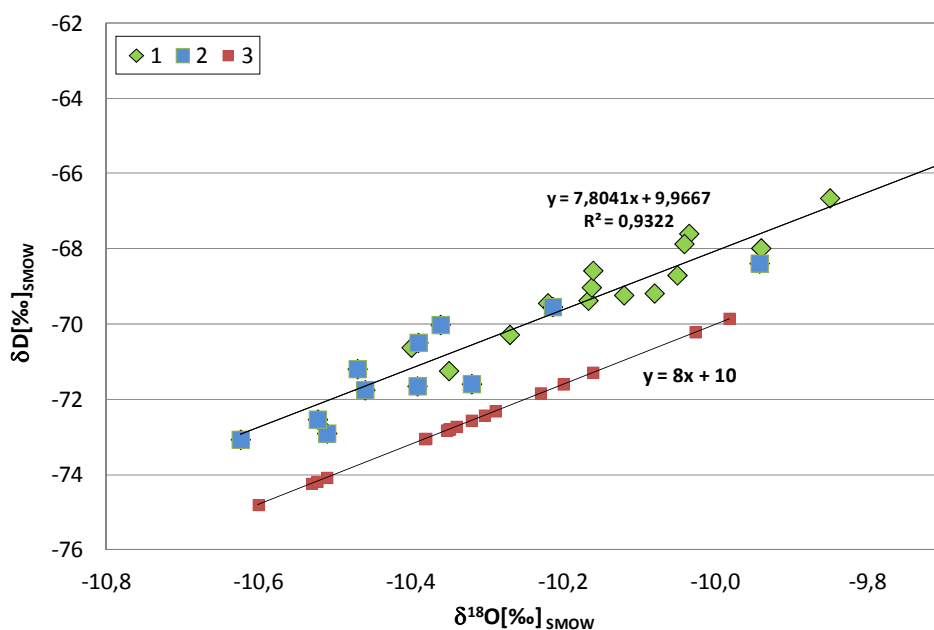


6. ábra: Vízkémiai paraméterek változása folyásirány menti szelvény mentén a Pásztor-forrás esetében 2012.15.16-án.
 Jelmagyarázat: 1: vezetőképesség [$\mu\text{S}/\text{cm}$], 2: pH, 3: HCO_3^- [mmol/l]
 Fig. 6: Changes of basic physicochemical parameters of water along the flow direction profile of Pásztor Spring, 16.05.2012
 Legend: 1: conductivity [$\mu\text{S}/\text{cm}$], 2: pH, 3: HCO_3^- [mmol/l]

3.2. Stabilizotóp-geokémiai összetétel

2011 nyarán begyűjtött források $\delta^{18}\text{O}$ és δD értékeit vizsgálva erős lineáris összefüggés ($R^2 = 0.93$) figyelhető meg közöttük. A vízminták $\delta^{18}\text{O}$ és δD értékei illeszthetők a Globális Csapadékvíz Vonalhoz (Global, Meteoric Water Line, GMWL), alátámasztva meteorogén eredetüket és alkalmazhatóságukat paleoklimatológiai vizsgálatokra (7. ábra).

A mintázott vizek stabilizotópos összetétele különbséget mutat a Kelet- és Nyugat-Mecsek forrásai között (7. ábra), amelynek háttérében a „tengerszint feletti magassági hatás” (altitude effect) állhat (AMBACH *et al.* 1968, ANDREWS, 2006). Adott helyen (pl. hegységekben) a csapadék izotóposan egyre „könnyebbé” válik a magasság növekedésével [átl. 0.2 ‰/100m (AMBACH *et al.* 1968)], hasonlóan a nagyobb tengerszint feletti magasságon elhelyezkedő vízgyűjtő területtel rendelkező Kelet-mecseki vízkilépések esetéhez, ahol negatívabb $\delta^{18}\text{O}$ és δD értékeket találunk. Számos egyéb körülmény is hatással lehet a források stabilizotóp arányára, így a későbbiekben célunk a beszivárgási körülmények, a párolgás tanulmányozása, valamint a csapadékvíz izotópos összetételének vizsgálata.



7. ábra: Mecseki források stabilizotópos összetétele.

Jelmagyarázat: 1: Kelet-Mecsek, 2: Nyugat-Mecsek, 3: Globális Csapadékvíz Vonal

Fig. 7: Stable isotopic composition of spring waters in Mecsek Mts.

Legend: 1: Eastern Mecsek Mts, 2: Western Mecsek Mts, 3: Global Meteoric Water Line

A források vizének stabilizotópos értékeinek havi változására kismértékű különbségek jellemzőek, így ezek a kiválások legnagyobb valószínűséggel alkalmasak paleoklimatológiai vizsgálatokra (I. táblázat). Az eddig mérések során a legnagyobb eltérést az Anyák-kútja esetében tapasztaltuk: a legmagasabb és legalacsonyabb érték közötti különbség $\delta^{18}\text{O}$ esetén 0,37 ‰ (szeptember-január), δD tekintve pedig 2,7 ‰ (augusztus-október) volt².

I. táblázat
Table I.

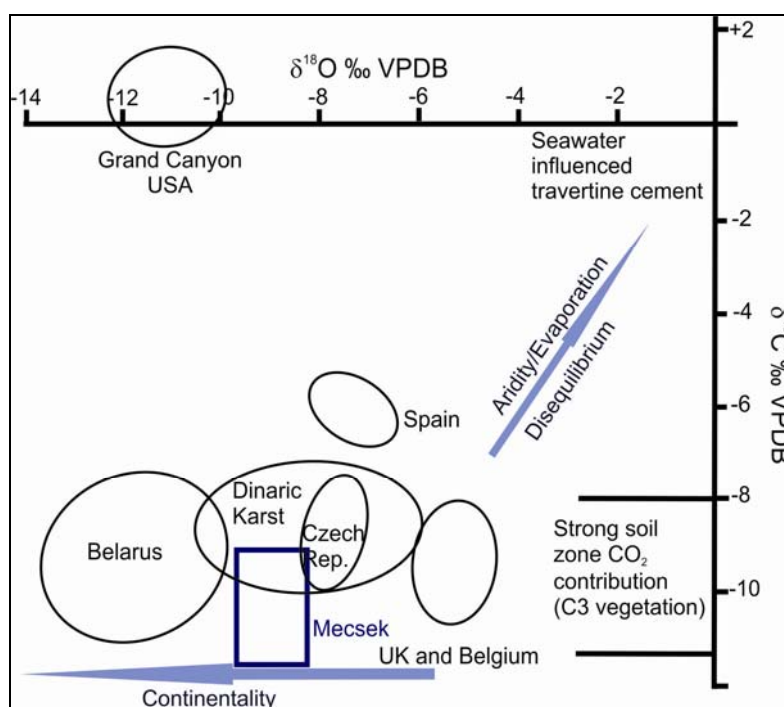
A vizsgált források izotópos értékeinek változása.
Isotopic composition of the investigated springs

Forrás	Mintavételi időszak	$\delta^2\text{H}$ [‰] SMOW	$\delta^{18}\text{O}$ [‰] SMOW
Anyák-kútja	2011.08.01	-68,6	-10,2
	2011.09.15	-71,2	-10,4
	2011.10.29-30	-71,3	-10,3
	2011.11.29-30	-69,6	-10,0
	2012.01.05-06	-68,9	-10,0
	2012.03-10.12	-70,5	-10,3
Csurgó-forrás	2011.09.15	-71,6	-10,3
	2011.10.29-30	-71,3	-10,4
	2011.11.29-30	-71,0	-10,2
	2012.01.05-06	-70,6	-10,4
	2012.03-10.12	-70,9	-10,2
Pásztor-forrás	2012.06.16	-73,1	-10,6
	2011.09.15	-72,9	-10,5
	2011.10.29-30	-72,4	-10,5
	2011.11.29-30	-71,1	-10,4
	2012.01.05-06	-70,9	-10,4
	2012.01.31-02.01	-71,0	-10,3
	2012.03-10.12	-71,4	-10,5

A mésztufa minták $\delta^{18}\text{O}$ és $\delta^{13}\text{C}$ értékeit összehasonlítottuk az Andrews által 1997-ben publikált adatbázisban található előfordulások értékeivel (Andrews et al. 1997). A vizsgált kőzetminták $\delta^{18}\text{O}$ értékei -9.5 ‰ (VPDB) és -8.5 ‰ között mozognak (átl. -9.0 ‰). Az elemzés azt mutatja, hogy a mecseki édesvízi mészkövek $\delta^{18}\text{O}$ értékei tükrözik a kontinentális hatást, izotópos értékeik jóval negatívabbak a Nyugat-európai előfordulásokénál, a Lengyelországban és a Dinári karszton gyűjtött minták értékeihez hasonlítanak. Mintáink $\delta^{13}\text{C}$ értékei -9.0 ‰ (VPDB) és -11.6 ‰ között változnak (átl. -10.3 ‰), ami a talajzónából származó erőteljes CO_2

² Jelen tanulmánynak nem célja az édesvízi mészkőkiválásoknál vett vízminták izotópos értékeinek bemutatása, azonban a paleoklimatológiai vizsgálatokra való alkalmasságuk szempontjából fontos megjegyeznünk, hogy a havi változások tekintetében hasonlóan alacsony értékeket kaptunk a kiválásoknál is.

hozzájárulásra utal, ami jellemző a meteorikus eredetű mésztufa képződménykehez és hasonló a bükki mésztufa kiválások értékeihez (Kele 2009, 8. ábra).



8. ábra: Mecseki kőzetminták $\delta^{18}\text{O}$ és $\delta^{13}\text{C}$ értékeinek összevetése más európai mésztufa kiválások stabilizotópos értékeivel (Andrews 2006 alapján).

Fig. 8: Isotopic cross plot of freshwater tufa deposits from Mecsek Mts. with other European samples (based on Andrews 2006).

4. Összefoglalás

Munkánk során 8 hónapon át vizsgáltuk a Nyugat-és Kelet-Mecsek néhány édesvízi mésztufa kiválással rendelkező forrását. A monitoring időszak alatt láthatóvá vált az általános vízkémiai paraméterek szezonális változása. A többpontos mérések során a kiválások mentén a patakmederben a pH fokozatos növekedése, míg a vezetőképesség és az alkalinitás csökkenése volt tapasztalható.

A forrásvizek stabilizotóp-geokémiai elemzése különbséget tárt fel a Nyugat- és Kelet-Mecsek között, aminek háttérében feltehetően a „magassági hatás” állhat. A kőzetminták vizsgálata kimutatta, hogy a mecseki édesvízi mészkövek $\delta^{18}\text{O}$ értékei tükrözik a kontinentális hatást, izotópos értékeik jóval negatívabbak a Nyugat-európai előfordulásokénál, a

Lengyelországban és a Dinári karszton gyűjtött minták értékeihez hasonlítanak leginkább. A mésztufák $\delta^{13}\text{C}$ értékei erőteljes talajaktivitásra utalnak.

IRODALOM

AMBACH, W. – DANSGAARD, W. – EINSER, H. – MOLLER, J. (1967): The altitude effect on the isotopic composition of precipitation and glacier ice in the Alps. – *Tellus* XX, 4, pp. 596-600.

ANDREWS, J.E. – RIDING, R. – DENNIS, P.F. (1997): The stable isotope record of environmental and climatic signals in modern terrestrial microbial carbonates from Europe. – *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 129, pp. 171-189.

ANDREWS, J.E. – RIDING, R. – DENNIS, P.F. (1993): Stable isotopic compositions of Recent freshwater cyanobacterial carbonates from the British Isles: local and regional environmental controls. – *Sedimentology* 40, pp. 303-314.

ANDREWS, J.E. (2006): Paleoclimatic records from stable isotopes in riverine tufas: Synthesis and review. – *Earth-Science Reviews* 75, pp. 85-104.

BARTA, K. – TARNAI, T. (1999): Karstmorphological research in the Mecsek Mountains, South Hungary. – *Acta Carsologica* 28, 1, pp.13-26.

IMBRIE, J. – HAYS, J.D. – MARTINSON, D.G. – MCINTYRE, A. – MÍX, A.C. – MORLEY, J.J. – PISIAS, N.G. – PRELL, W.L. – SHACKLETON, N.J. (1984): The orbital theory of Pleistocene climate: support from a revised chronology of the marine $\delta^{18}\text{O}$ record. – In: Berger et al. (Eds.), *Milankovitch and Climate, Part 1*, D.Riedel, Hingham, MA, pp. 269-305.

KANO, A. – KAMBAYASHI, T. – FUJII, H. – MATSUOKA J. – SAKUMA K. – IHARA, T. (1999): Seasonal variation in water chemistry and hydrological conditions of tufa deposition of Shirokawa, Ehime Prefecture, southwestern Japan. *Journal of the Geological Society of Japan* 105, 4, pp. 289-304.

KELE, S. (2009): Édesvízi mészkövek vizsgálata a Kárpát-medencéből: paleoklimatológiai és szedimentológiai elemzések. Doktori disszertáció

KRAFT, J. – SCHEUER, GY. – SCHWEITZER, F. (1986): Pécs környéki forráslerakódások vizsgálata. – *Pécsi Műszaki Szemle*. 3. pp. 13-18.

PAZDUR, A. – PAZDUR, M. F. – SZULC, J. (1988): Stable Isotopes of Holocene Calcerous Tufa in Southern Poland as Paleoclimatic Indicators. *Quaternary Research* 30, pp.177-189.

PETIT, J.R. – JOUZEL, J. – RAYNAUD, D. – BARKOV, N.I. – BARNOLA, J.-M. – BASILE, I. – BENDER, M. – CHAPPELLAZ, J. – DAVIS, M. – DELAYQUE, G. – DELMOTTE, M. – KOTLYAKOV, V.M. – LEGRAND, M. – LIPENKOV, V.Y. – LORIUS, C. – PÉPIN, L. – RITZ, C. – SALTZMANN, E. – STIEVENARD, M. (1999): Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antarctica. – Nature, 399, pp. 429-436.